

# Lock-Ins auf Netzeffektmärkten – Ergebnisse einer Simulationsstudie

Tobias Draisbach  
Thomas Widjaja  
Peter Buxmann

Veröffentlicht in:  
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012  
Tagungsband der MKWI 2012  
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



Braunschweig: Institut für Wirtschaftsinformatik, 2012

# **Lock-Ins auf Netzeffektmärkten – Ergebnisse einer Simulationsstudie**

## **Tobias Draisbach**

Technische Universität Darmstadt,  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik | Software Business & Information Management,  
64289 Darmstadt, E-Mail: draibach@is.tu-darmstadt.de

## **Thomas Widjaja**

Technische Universität Darmstadt,  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik | Software Business & Information Management,  
64289 Darmstadt, E-Mail: widjaja@is.tu-darmstadt.de

## **Peter Buxmann**

Technische Universität Darmstadt,  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik | Software Business & Information Management,  
64289 Darmstadt, E-Mail: buxmann@is.tu-darmstadt.de

## **Abstract**

Auf Märkten für Netzeffektgüter – wie beispielsweise Software – kommt es häufig zu so genannten Lock-Ins. Die Untersuchung von Zufallsnetzwerken sowie zwei sozialen Online-Netzwerken mithilfe eines agentenbasierten Simulationsprototypen zeigt, dass sowohl die Netzwerktopologie als auch die Netzeffektstärke einen wesentlichen Einfluss auf die Lock-In-Häufigkeit ausüben. Typischerweise steigt die Lock-In-Häufigkeit mit zunehmender Netzeffektstärke und Vermaschung der Netzwerke. In Topologien sozialer Netzwerke trifft dies jedoch nur teilweise zu.

## **1 Einleitung**

In der Softwareindustrie treten aufgrund von Netzeffekten häufig so genannte „winner-takes-all“-Märkte auf, in denen ein Angebot eine dominante Stellung im Markt erreicht. Solche Situationen werden in der Literatur auch als Lock-In bezeichnet. Arthurs klassisches Modell von 1989 wird häufig zur Erklärung solcher Effekte herangezogen; es basiert jedoch auf einigen restriktiven Annahmen. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass für die Technologieauswahl eines Anwenders alle weiteren Anwender gleich wichtig sind – von sozialen Netzwerkstrukturen (wie Freundschaften oder Meinungsführern) wird also abstrahiert.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags werden die Auswirkungen von Netzwerktopologie und unterschiedlichen Netzeffektstärken auf die Gesetzmäßigkeiten von Netzeffektmärkten (in Bezug auf die Lock-In-Häufigkeit) mithilfe eines generischen Simulationsmodells untersucht. Der entwickelte Simulationsprototyp wird zunächst auf Zufallsnetzwerke mit variierenden Parametern angewendet. Aufgrund der aktuellen Relevanz sozialer Online-Netzwerke werden anschließend als Anwendungsbeispiel zwei Topologien solcher Netzwerke analysiert.

Dieser Beitrag ist wie folgt gegliedert: In Abschnitt 2 werden zunächst die theoretischen Grundlagen anhand eines strukturierten Literaturreviews von Top-Publikationen der Wirtschaftsinformatik sowie weiterer verwandter Arbeiten geschildert. Abschnitt 3 stellt anschließend die Forschungsmethodik sowie die Modellierung und die im weiteren Verlauf verwendete Simulationsumgebung dar. In Abschnitt 4 werden die Simulationsergebnisse diskutiert. Der Artikel schließt mit einem Fazit sowie einem Ausblick auf offene Fragestellungen in Abschnitt 5.

## 2 Theoretischer Hintergrund und verwandte Literatur

Hängt der Nutzen einer Technologie für einen potentiellen Anwender davon ab, wie viele andere Anwender die Technologie ebenfalls nutzen, wird dies als Netzeffekt bezeichnet.[16, 22] Neben dem Nutzen, der von der Anzahl der Anwender abhängig ist – dem Netzeffektnutzen – stiften Technologien oftmals auch einen vom Adoptionsfortschritt unabhängigen Basisnutzen. In Märkten, auf denen Netzeffektnutzen einen substanziellen Anteil am Gesamtnutzen ausmachen, kann es zu einem sogenannten Lock-In kommen.[29] Lock-Ins bezeichnen Situationen, in denen Anwender aufgrund hoher Wechsel- [24] oder Suchkosten [46] nicht von einer Technologie auf eine andere wechseln, da die Kosten den Nutzen des Wechsels übersteigen.[32]

Arthur [4] illustriert dieses Phänomen in seinem Modell anhand unterschiedlicher Anwender, die als zwei Agententypen (R und S) modelliert werden. Diese Agenten treten dem Markt in zufälliger Reihenfolge bei und entscheiden sich (irreversibel) für die Adoption einer der beiden Technologien A oder B. Jeder der beiden Agententypen hat dabei eine natürliche Präferenz für jeweils eine der beiden Technologien (R-Agenten für Technologie A und S-Agenten für Technologie B); die Technologien stiften den beiden Agententypen also unterschiedlich hohen Basisnutzen ( $a_R, a_S, b_R, b_S$ ). Die Entscheidung der Agenten für eine Technologie ist jedoch nicht ausschließlich von dieser Präferenz (also dem Basisnutzen) abhängig. Sie wird zusätzlich durch die Anzahl der Anwender ( $n_A, n_B$ ) der beiden Technologien beeinflusst. Der Netzeffektnutzen der Technologien variiert in Abhängigkeit von der jeweiligen Anzahl der Anwender der Technologien sowie des Agententypen, die unterschiedliche Parameter für ihre persönlichen Netzeffekte aufweisen ( $r, s$ ). Die Nutzenfunktionen der beiden Agententypen R und S für die Technologien A und B lauten:

	A	B	
R	$a_R + r * n_A$	$b_R + r * n_B$	$a_R, a_S, b_R, b_S$ Basisnutzen von Technologie A / B für Agententyp R / S
S	$a_S + s * n_A$	$b_S + s * n_B$	$r, s$ Netzeffekt für R- / S-Agenten
mit $a_R > b_R$ und $a_S < b_S$			$n_A, n_B$ Anzahl Nutzer Technologie A / B

**Bild 1:** Nutzenfunktionen der Agenten nach Arthur (1989)

Im Adoptionsverlauf können Situationen auftreten, in denen der Basisnutzennachteil einer ursprünglich von einem Agententyp nicht präferierten Technologie durch ihren Netzeffektnutzenvorteil überkompensiert wird. Im klassischen Modell von Arthur lässt sich zeigen, dass sich alle Agenten eines Typs entgegen ihrer eigentlichen Präferenz entscheiden, sobald ein Agent dieses Typs dies getan hat – also alle zukünftigen Agenten die gleiche Technologie wählen. In diesem Fall spricht Arthur von einem Lock-In des Marktes in eine Technologie. Durch einen frühen (und ggf. zufälligen) Vorsprung an Anwendern kann so eine (ggf. inferiore) Technologie einen Markt dominieren – zudem festigt sich dieser „Vorsprung“ durch jeden weiteren hinzukommenden Anwender.[7]

Um herauszufinden inwieweit die Thematik des Lock-In in der Wirtschaftsinformatik bisher behandelt wurde, führten wir zunächst eine strukturierte Literaturrecherche<sup>1</sup> durch, bei der 39 Beiträge identifiziert wurden. Nach einer ersten Durchsicht stellten sich davon 21 Beiträge als thematisch relevant heraus (vgl. Tabelle 1).

<i>Beitrag</i>	<i>Domäne</i>	<i>Perspektive Lock-In</i>	<i> [#]</i>
Águila-Obra et al. (2007)	Personalisierung durch Web-Content-Aggregatoren	Kunde und Partner	[1]
Arthur (1996)	„Increasing returns“ in der IT-Branche	Markt	[5]
Becker et al. (2009)	Auswirkungen Service-orientierter Architekturen	/	[6]
Buxmann et al. (2005)	Nutzung von EDI / XML-EDI	Markt	[10]
Chen & Hitt (2002)	Switching Costs bei Online-Brokern	Kunde	[11]
Chung & Beamish (2010)	Besitzverschiebung in Joint Ventures	eigenes Unternehmen	[13]
Clemons et al. (2002)	Lock-Ins in der Musikindustrie	Künstler	[14]
Fitzpatrick & Lueck (2010)	Kompatibilität von Software-Datenformaten	/	[17]
Gepfert (1968)	Entscheidungen in der Logistik	eigenes Unternehmen	[18]
Grover & Ramanlal (1999)	Lockvogel-Angebote in der IT-Branche	Kunde	[19]
Harrison & Datta (2007)	Kognitiver Lock-In aufgrund von Software-Features	Kunde	[20]
Kauffman & Lally (1994)	Kundenschnittstellen am Beispiel von Geldautomaten	Kunde	[23]
Lin et al. (2010)	Lock-In- Erklärung durch Verweildauer auf Webseiten	Kunde	[30]
McCardle et al. (2004)	Frühbucherrabatte im Handel	Kunde	[31]
Nunes & Dréze (2006)	Kundenbindung durch Bonusprogramme	Kunde	[33]
Parker & van Alstyne (2005)	Zweiseitige Märkte für Informationsgüter	/	[36]
Rangan & Adner (2001)	Strategien für die Internetindustrie	Kunde	[37]
Reinartz & Ulaga (2008)	Ausweitung von Produkt- auf Dienstleistungsgewerbe	Kunde	[38]
Su (2008)	Kognitiver Lock-In beim Internetshopping	Kunde	[39]
Weitzel & König (2003)	ACE als Forschungsmethode auf Netzwerkmärkten	Markt	[41]
Zhou & Zhu (2006)	Lock-In-Strategien für Plattformanbieter	Kunde	[47]

**Tabelle 1: Top-Veröffentlichungen zum Thema "Lock-In"**

Der Großteil (zwei Drittel) dieser Beiträge behandelt Lock-Ins in der IKT-Branche – vereinzelt gehen die Arbeiten jedoch auch auf die Bereiche Handel, Dienstleistungsgewerbe und Musikindustrie ein. Außerdem behandeln zwei Beiträge die Bereiche Logistik und Besitzverschiebung

<sup>1</sup> Folgende Publikationsorgane der Wirtschaftsinformatik wurden durchsucht: Kategorie-A-Zeitschriften (Top-23) der WI-Journalliste 2008 des WKWI [45], Top-25 des MIS Journal Rankings der AIS [2] sowie Tagungsbände der European Conference on Information Systems (ECIS) und International Conference on Information Systems (ICIS). Gesucht wurde nach: „Lock-In“ in Titel, Zusammenfassung oder Keywords.

in Joint Ventures.[13, 18] Diese beiden Beiträge analysieren Lock-In-Effekte auf das betrachtete Unternehmen bezogen – es wird argumentiert, dass Unternehmen sich selbst durch Entscheidungen bzw. Besitzverschiebungen in eine Lock-In-Situation begeben. Lock-In-Effekte werden auch aus weiteren Blickwinkeln betrachtet; drei Beiträge [5, 10, 41] sprechen von einem Lock-In des Marktes (in eine Technologie), wie es auch in [4] betrachtet wird. Ein Beitrag [14] beschreibt den Lock-In eines Künstlers an eine Plattenfirma. In weiteren drei Beiträgen [6, 17, 36] wird nicht spezifiziert, worauf sich der Lock-In bezieht. Ansonsten wird der Lock-In-Effekt im Großteil der Beiträge auf den Kunden bezogen. [20] und [39] fokussieren auf den kognitiven Lock-In, d. h. ein Lock-In, der durch Gewohnheit und Vertrautheit des Kunden mit einem Angebot ausgelöst wird.

In den meisten dieser Beiträge wird der Begriff Lock-In lediglich verwendet, um einen Zustand zu beschreiben ohne auszuführen, was darunter zu verstehen ist bzw. unter welchen Bedingungen ein Lock-In auftritt. [47] ist der einzige Beitrag, der den Lock-In im Rahmen eines formalen Modells abbildet. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Plattformanbieter in einem zweiperiodigen Modell in der Lage ist, durch die Schaffung von Inkompatibilität eine Lock-In-Situation der Kunden herbeizuführen. Mit Hilfe dieses Modells wird untersucht, wie sich der Wettbewerb zwischen einer Open-Source-Plattform und einer proprietären Plattform sowie zwischen zwei proprietären Plattformen entwickelt.

Ein Hauptergebnis der strukturierten Literaturrecherche im Bereich Wirtschaftsinformatik ist, dass in den untersuchten Publikationen kaum Erkenntnisse in Bezug auf die Forschungsfrage, d. h. wie sich Netzwerktopologie und Netzeffektstärke auf die Lock-In-Häufigkeit auswirken, vorliegen. Da der Großteil der betrachteten Beiträge auf den Aussagen aus [4] aufbaut, wurde im Anschluss ausgehend von [4] eine Vorwärtssuche durchgeführt, um Beiträge aus weiteren Publikationsorganen und anderen Bereichen zu identifizieren, die sich mit der Thematik beschäftigen. Die so zusätzlich identifizierten sieben Beiträge lassen sich in drei Forschungsansätze (empirisch, analytisch und simulativ) gliedern:

*Empirischer Ansatz:* [15] präsentiert die Ergebnisse einer empirischen Studie zu Produkteinführungen im Bereich von Anwendungssoftware, um die Bedeutung von Produktqualität (interpretiert als Basisnutzen) und installierter Basis (interpretiert als Netzeffektnutzen) zu untersuchen. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Produktqualität einen signifikanten, positiven Einfluss auf die Verbreitung aufweist. Die Abhängigkeit zwischen Verbreitung und Produktqualität wird jedoch nicht geklärt.

*Analytischer Ansatz:* [12] stellt ein dynamisches Modell zur Beschreibung des Wettbewerbs zwischen zwei proprietären Netzwerken vor. Mit Hilfe analytischer und numerischer Methoden diskutiert er die Eigenschaften des sich ergebenden Gleichgewichts. [8] gibt einen Überblick über unterschiedliche vorhandene Modelle zur Technologieadoption. [47], der als einziger Beitrag aus der strukturierten Literaturrecherche der Top-Veröffentlichungen den Lock-In-Effekt methodisch aufgreift, ist ebenfalls in diesem Forschungsansatz einzuordnen.

*Simulativer Ansatz:* Es existiert bereits eine Vielzahl von Arbeiten, die die Fragestellung von Technologieadoption und Lock-In-Effekten simulativ untersuchen. [21] zeigt anhand des Beispiels von zwei konkurrierenden Online-Services, wie sich die Adoption eines neuen Services entwickelt, wenn die Kunden ihre Nutzung auf beide Services aufteilen können. Dabei wird untersucht, wie sich Komplementarität auf die zu erreichenden Marktanteile des neuen Services auswirkt. [27] stellt eine Erweiterung des Arthur-Modells auf drei interagierende Einheiten in einem Kommunikationsnetzwerk am Beispiel der Beziehung zwischen Universitäten, Industrie und Regierung dar.

Dem Vorschlag aus [41] folgend, verfolgt auch der vorliegende Beitrag einen simulativen Ansatz. Daher werden an dieser Stelle die beiden thematisch und methodisch am engsten verwandten Beiträge (d. h. [12] und [28]) detaillierter vorgestellt, um den vorliegenden Beitrag einzuordnen und abzugrenzen. [12] untersucht die Adoption einer Innovation in praxisrelevanten Netzwerkstrukturen. Dazu wird die Diffusion in der Startphase einer Innovation analysiert, um festzustellen unter welchen Voraussetzungen Innovationen sich am Markt durchsetzen können. Die Betrachtung erfolgt jedoch ohne die Berücksichtigung von Konkurrenz – eine Erweiterung, die wir in der vorliegenden Arbeit vornehmen. [28] orientiert sich ebenfalls stark am Modell von Arthur. Es fokussiert allerdings darauf, wie durch dynamische Variation der Parameter während der Simulation Lock-In-Situationen verhindert oder nach Entstehen wieder aufgelöst werden können (sog. „Lock-Outs“).

Keine der in der Literaturrecherche identifizierten Arbeiten untersucht den Einfluss der Netzwerktopologie und der Netzeffektstärke auf die Lock-In-Häufigkeit unter Berücksichtigung von Wettbewerb. Daher werden wir im vorliegenden Beitrag die Adoption von zwei konkurrierenden Technologien durch zwei unterschiedliche Agententypen in a) vollvermaschten, b) teilvermaschten Zufallsnetzwerken und c) zwei sozialen Netzwerken simulieren und analysieren.

### 3 Modellierung und Ablauf der Simulationsexperimente

Das klassische Modell von Arthur basiert auf der Annahme, dass für die Technologiewahl eines Agenten die Entscheidungen aller Agenten einbezogen werden, die bereits eine der beiden Technologien adoptiert haben ( $n_A, n_B$ ). Übertragen auf eine Netzwerktopologie liegt also ein vollvermaschtes Netzwerk zugrunde, in dem jeder Agent mit jedem anderen verbunden ist. Um die Untersuchung des Lock-In-Effekts auf andere Netzwerktopologien zu übertragen, ist daher die Entscheidungsfunktion der Agenten anzupassen. Bild 2 zeigt die modifizierten Nutzenfunktionen von R- und S-Agenten für die Technologien A und B. Die Basisnutzenwerte ( $a_R, a_S, b_R, b_S$ ) bleiben durch die Modifikation unberührt – ebenso die Netzeffekte ( $r, s$ ). Die Unterscheidung zum klassischen Modell liegt in der Menge der Agenten, deren Entscheidung für eine Technologie bei der eigenen Technologiewahl eines Agenten berücksichtigt werden sollen. Dazu wird der Faktor  $n_A$  bzw.  $n_B$  des klassischen Modells durch die Summe aller Agenten ersetzt, die sich in Nachbarschaftsrelation zum betrachteten Agenten  $j$  befinden ( $N(j)$ ) und sich bereits für eine Technologie entschieden haben (modelliert als Binärvariablen  $t_{A,i}, t_{B,i}$ ).

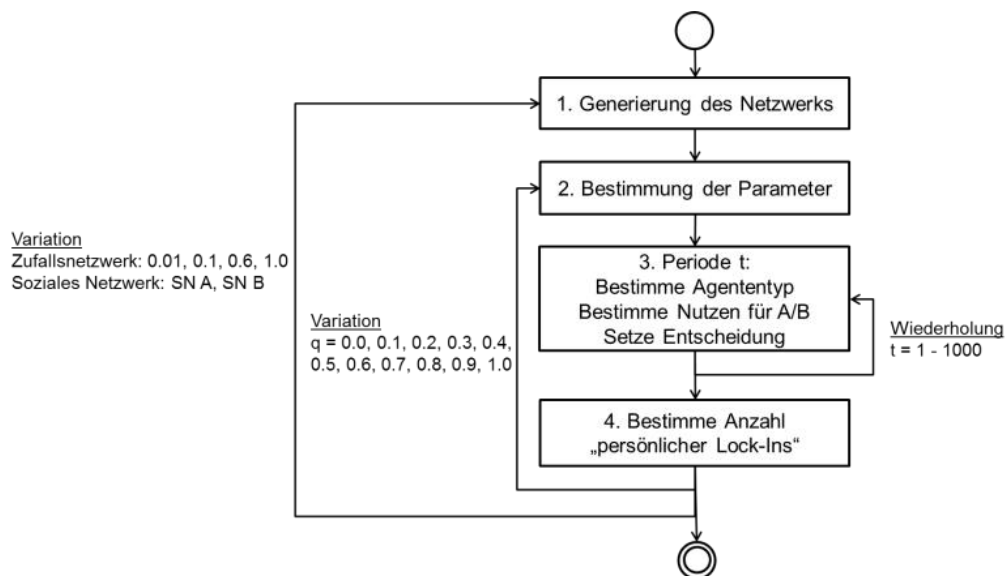
	A	B		
<b>R</b>	$a_R + r * \sum_{i \in N(j)} t_{A,i}$	$b_R + r * \sum_{i \in N(j)} t_{B,i}$	$a_R, a_S, b_R, b_S$	Basisnutzen von Technologie A / B für Agententyp R / S
<b>S</b>	$a_S + s * \sum_{i \in N(j)} t_{A,i}$	$b_S + s * \sum_{i \in N(j)} t_{B,i}$	$r, s$	Netzeffekt für R- / S-Agenten
			$t_{A,i} \cdot t_{B,i}$	Entscheidung von Agent i für Technologie A oder B (binär)
			$N(j)$	Menge der Nachbarn von Agent j

mit  $a_R > b_R$  und  $a_S < b_S$

**Bild 2:** Modifizierte Nutzenfunktionen der Agenten

Der vorliegende Beitrag ist zwar in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand eng an das Modell von Arthur angelegt, die verfolgte Fragestellung unterscheidet sich jedoch deutlich. Während die Grundaussage in [4] lautet, dass es bei positiven Netzeffekten immer zu einem Lock-In kommt

(wenn genügend Agenten dem Markt beitreten), werden hier Simulationsexperimente durchgeführt, um festzustellen, wie häufig ein Lock-In unter variierenden Einflussfaktoren bei einer festen Anzahl an Agenten auftritt. Da dem Arthur-Modell ein vollvermaschtes Netzwerk zugrunde liegt, tritt eine Lock-In-Situation immer dann auf, sobald ein Agent sich entgegen seiner natürlichen Präferenz (in Bezug auf den Basisnutzen) entscheidet – alle folgenden Agenten dieses Typs werden sich dieser Entscheidung anschließen, da der Netzeffektnutzen der Technologie durch jeden weiteren Agenten wächst und sich der Nutzenvorsprung der Technologie somit stets vergrößert. Untersucht man jedoch andere Netzwerktopologien, so steht nicht jeder Agent mit allen anderen in Verbindung und es kann – z. B. in Cliquen, wie sie sich in sozialen Netzwerken häufig bilden – zu „lokalen Lock-Ins“ kommen, die sich jedoch nicht im gesamten Netzwerk durchsetzen, weil bspw. eine Clique kaum mit dem Rest des Netzwerk verbunden ist. Daher kann man in nicht vollvermaschten Netzwerken nicht von irreversiblen „globalen Lock-Ins“ im Sinne von Arthur sprechen. Im Rahmen der strukturierten Literaturrecherche hat sich bereits gezeigt, dass Lock-In-Situationen aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden. Im vorliegenden Beitrag wird von einem „persönlichen Lock-In“ gesprochen, wenn sich ein Agent entgegen seiner natürlichen Präferenz entscheidet – im klassischen Modell also eine Lock-In-Situation des gesamten Marktes einleiten würde. Die Anzahl der Agenten, die sich entgegen ihrer natürlichen Präferenz entscheiden (also einem „persönlichen Lock-In“ erliegen), kann als Intensität des Lock-Ins im gesamten Netzwerk interpretiert werden. Im folgenden Abschnitt werden wir diese Intensität des Lock-Ins in unterschiedlichen Netzwerktopologien unter variablen Netzeffektstärken anhand einer Serie von Simulationsexperimenten (vgl. Bild 3) untersuchen.



**Bild 3: Ablauf der Simulationsexperimente**

Zunächst werden die Netzwerke mit unterschiedlichen Topologien – vollvermaschtes Netzwerk (Vermaschungsgrad 100%), teilvermaschtes Netzwerk sowie zwei Topologien sozialer Netzwerke (vgl. Algorithmus nach [26]) – jeweils mit 1000 Knoten generiert (Schritt 1). Anschließend werden die Parameter (vgl. Tabelle 2) für die zwei Agententypen so gesetzt, dass sich systematisch Instanzen mit variierenden Netzeffektstärken ergeben (Schritt 2). Um unterschiedliche Netzeffektstärken im Rahmen unserer Simulation zu repräsentieren, verwenden wir folgenden Netzeffektfaktor, der die Bedeutung des Basisnutzens in Relation zum Netzeffektnutzen setzt (vgl. dazu auch [9, 42, 44]):

$$q = \frac{a_R - b_R}{\bar{p} * n * r} = \frac{b_S - a_S}{\bar{p} * n * s} \quad (1)$$

Wie auch in [4] werden symmetrische Nutzenwerte für beide Agententypen angenommen, weshalb der Netzeffektfaktor sowohl über die Nutzenwerte der R- als auch der S-Agenten berechnet werden kann (vgl. Gleichung (1)). Die Parameter  $a_R, b_R, a_S, b_S, r$  und  $s$  entsprechen den bereits geschilderten Werten für Basisnutzen und Netzeffekte.  $n$  steht für die Anzahl der Agenten.  $\bar{p}$  beschreibt den durchschnittlichen Vermaschungsgrad im Netzwerk – also das prozentuale Verhältnis vorhandener Verbindungen zur maximal möglichen Anzahl an Verbindungen im Gesamtnetzwerk. Die Werte für die Parameter werden so gewählt, dass der Faktor  $q$  Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei ein Wert nahe 0 starke und ein Wert nahe 1 schwache Netzeffekte beschreibt. Der Parameter  $q$  lässt sich interpretieren als der prozentuale Anteil an Nachbarn eines Agenten, die sich für eine Technologie entschieden haben müssen, damit der betrachtete Agent sich entgegen seiner natürlichen Präferenz ebenfalls für diese Technologie entscheidet.

Parameter	bei Zufallsnetzwerken	bei sozialen Netzwerken
Anzahl Agenten ( $n$ )	1000	1000
Verteilung R / S	50% / 50%	50% / 50%
Anzahl Wiederholungen	100	100
$\bar{p}$	variabel (0.01, 0.1, 0.6, 1.0)	durch das generierte Netzwerk bestimmt
$q$	variabel von 0.0 bis 1.0 in 0.1er-Schritten	variabel von 0.0 bis 1.0 in 0.1er-Schritten
$r = s$	100	100
$b_R = a_S$	0 <sup>2</sup>	0
$a_R = b_S$	in Abhängigkeit von $q$ bestimmt	in Abhängigkeit von $q$ bestimmt

**Tabelle 2: Parameterbeschreibung für die Simulationsexperimente**

Im dritten Schritt wird die Simulation durchgeführt, indem für jeden Agenten zwei Eigenschaften bestimmt werden: a) Zunächst wird der Typ des Agenten zufällig ausgewählt (hierbei sind beide Typen gleichwahrscheinlich) und b) anschließend wird dem Agenten ein Knoten im Netzwerk zugewiesen (einer Gleichverteilung über die noch nicht besetzten Knoten des Netzwerks folgend). Der Agent berechnet die jeweiligen Nutzenwerte für die beiden Technologien und entscheidet sich (irreversibel) für die Technologie mit dem höheren Gesamtnutzen. Nachdem dies für alle 1000 Agenten durchgeführt wurde, wird in Schritt 4 die Anzahl der „persönlichen Lock-Ins“ bestimmt. Für jede Kombination von Netzwerktopologie und  $q$ -Wert werden insgesamt 100 Simulationsläufe durchgeführt. Insgesamt wurden also 6 (Netzwerktopologien) \* 11 ( $q$  – Werte) \* 100 = 6600 Simulationsläufe mit jeweils 1000 Agenten durchgeführt.

## 4 Ergebnisse der Simulationsstudie

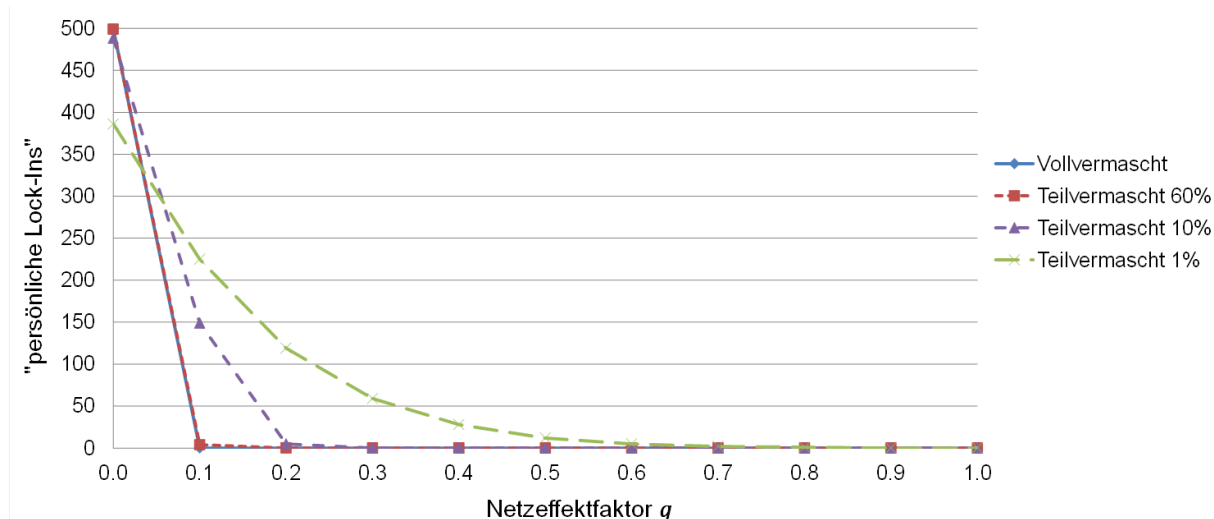
Als Maß für die Lock-In-Häufigkeit wird in den folgenden Diagrammen auf der Ordinate die Anzahl „persönlicher Lock-Ins“ dargestellt – also die Zahl der Agenten, die sich entgegen ihrer natürlichen Präferenz entscheiden (und somit im klassischen Modell von Arthur einen Lock-In einleiten würden). Auf der Abszisse der Diagramme wird der angepasste Netzeffektfaktor  $q$  abgetragen. Die Schaubilder zeigen jeweils die Durchschnittswerte von 100 Simulationsläufen für jede Parameterkonstellation.

<sup>2</sup> Hinweis: Diese Parameter können als Null angenommen werden, da bei der Entscheidungsfunktion der Agenten lediglich die Differenz der beiden Basisnutzenparameter berücksichtigt wird (vgl. Bild 2).



#### 4.1 Zufallsnetzwerke mit variierendem Vermaschungsgrad

Um den Einfluss des Vermaschungsgrads (als Teil der Topologie) auf die Lock-In-Häufigkeit in Zufallsnetzwerken zu analysieren, untersuchen wir in Anlehnung an Arthurs Modell zunächst ein vollvermaschtes Netzwerk und vergleichen diese Ergebnisse mit Simulationen auf Basis von Zufallsnetzwerken mit den Vermaschungsgraden 60%, 10% und 1% (vgl. Bild 4).



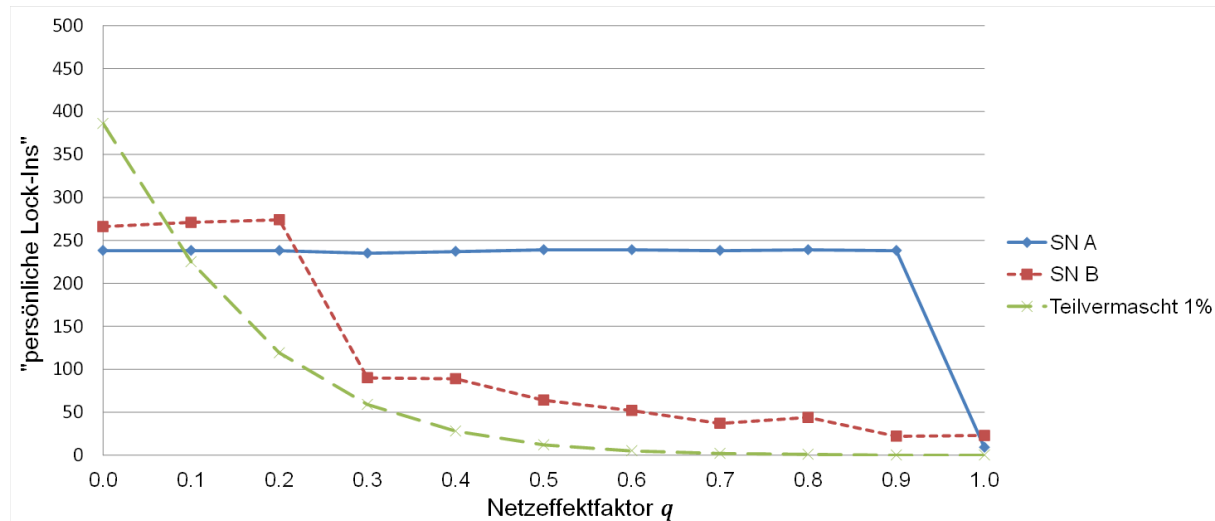
**Bild 4:** Lock-Ins in Zufallsnetzwerken mit variierendem Vermaschungsgrad

Zunächst wird deutlich, dass sich der Kurvenverlauf für das vollvermaschte Netzwerk kaum von dem des Zufallsnetzwerk mit einem Vermaschungsgrad von 60% unterscheidet. Beide Netzwerke weisen bei starken Netzeffekten ( $q$  nahe 0) eine sehr hohe Anzahl „persönlicher Lock-Ins“ auf. Bei sinkender Netzeffektstärke verschwinden die „persönlichen Lock-Ins“ vollständig (bei 100% Vermaschung bereits ab  $q = 0.1$ , bei 60% Vermaschung ab  $q = 0.2$ ). Die Kurven für Vermaschungsgrade von 10% und 1% verlaufen insgesamt flacher und weisen auch bei schwächeren Netzeffekten (größeren  $q$ -Werten) noch geringe Zahlen „persönlicher Lock-Ins“ auf. Das Maximum „persönlicher Lock-Ins“ bei starken Netzeffekten ( $q$  nahe 0) nimmt mit sinkendem Vermaschungsgrad in den Zufallsnetzwerken ab (vgl. y-Achsen-Schnitt). Dieser Effekt ist durch schwach vernetzte Agenten zu erklären, die nur spärlich mit dem Rest des Netzwerks verbunden sind. Da sich nur wenige Agenten in ihrer Nachbarschaft befinden, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass sie in ihrer Entscheidung beeinflusst werden und damit möglicherweise einem „persönlichen Lock-In“ erliegen.

#### 4.2 Praktischer Anwendungsfall: Soziale Online-Netzwerke

Da in der Realität anzutreffende Netzwerke sich häufig von der Struktur der Zufallsnetze unterscheiden [3], werden in diesem Abschnitt exemplarisch zwei soziale Online-Netzwerke untersucht, um den Einfluss der Netzwerktopologie auf die Lock-In Häufigkeit aufzuzeigen und zu diskutieren. Es existieren unterschiedliche Ansätze zur Generierung sozialer Netzwerke (z. B. [40]), deren Übereinstimmung mit real existierenden Strukturen teils empirisch nachgewiesen wurde (vgl. [26, 34, 35]). Aufgrund des hohen Aktualitätsgrades sozialer Online-Netzwerke verwenden wir an dieser Stelle den Netzwerk-Generierungsalgorithmus aus [26].

Dieser ermöglicht die Konstruktion der Topologien der beiden sozialen Online-Netzwerke<sup>3</sup> Yahoo 360 (im Folgenden SN A) und Flickr (im Folgenden SN B). In [26] wird ein hoher Grad an Übereinstimmung zwischen den generierten Netzwerken und der realen Topologie nachgewiesen. Bild 5 zeigt die Ergebnisse der Simulation auf Basis dieser Topologien.



**Bild 5:** Lock-Ins in den sozialen Netzwerken SN A und SN B

Die Kurve für das teilvermaschte Zufallsnetzwerk mit 1% Vermaschungsgrad dient als Ankerpunkt zu den in Abschnitt 4.1 geschilderten Ergebnissen für Zufallsnetzwerke. Im Vergleich der unterschiedlichen Netzwerktopologien werden deutliche Unterschiede sichtbar. Im Bereich starker Netzeffekte ( $q$  nahe 0) weisen beide sozialen Netzwerke geringere Werte an „persönlichen Lock-Ins“ auf, als bei vergleichbaren Zufallsnetzen (SN A besitzt einen durchschnittlichen Vermaschungsgrad von 0,1% während dieser für SN B bei 0,9% liegt). Dieser Sachverhalt lässt sich durch die Struktur der Netzwerke erklären. Im Vergleich zu (auch sehr schwach vermaschten) Zufallsnetzwerken befinden sich in den betrachteten sozialen Netzwerken sehr viel mehr isolierte Agenten, die keine Verbindung zum Rest des Netzwerks aufweisen (im Durchschnitt 0,05 Agenten im Zufallsnetzwerk mit 1% Vermaschung gegenüber 425 in SN A und 415 in SN B). Daher können diese auch von keinem Nachbarn beeinflusst werden und somit keinem „persönlichen Lock-In“ erliegen. Auch der Verlauf der Kurven über verschiedene Netzeffektstärken ( $q$ -Werte) unterscheidet sich einerseits vom Verlauf der Zufallsnetze, andererseits aber auch im Vergleich der sozialen Topologien untereinander. Die Anzahl „persönlicher Lock-Ins“ für SN A ist im Bereich von  $q = 0.0$  bis  $q = 0.9$  – also sowohl bei sehr starken als auch schwachen Netzeffekten – nahezu gleichbleibend und damit unabhängig vom Netzeffektfaktor. Lediglich für  $q = 1.0$  existiert eine deutlich niedrigere Anzahl „persönlicher Lock-Ins“. Für SN B fällt diese Zahl nach anfänglicher Konstanz bei  $q = 0.3$  stark ab und in der Folge kontinuierlich weiter. Wie bei SN A weist jedoch auch die Struktur von SN B selbst bei  $q = 1.0$  noch „persönliche Lock-Ins“ auf – ein Sachverhalt, der bei Zufallsnetzen nicht aufgetreten ist. Dieser Effekt ist dadurch zu erklären,

<sup>3</sup> Soziale Online-Netzwerke [8] bieten häufig die Möglichkeit, komplementäre Applikationen zu nutzen – dabei interagieren befreundete Anwender des Netzwerks untereinander, wodurch Netzeffekte hervorgerufen werden. Übertragen auf die hier betrachtete Situation stellen die Anwender eines Netzwerks die Agenten des Modells und deren Freundschaftsbeziehungen die Topologie des betrachteten Netzwerks dar. Unterschiedliche komplementäre Applikationen (bspw. Spiele oder private Kommunikationstools), die den gleichen Zweck verfolgen, können als konkurrierende Technologien interpretiert werden. Somit können Adoption und Lock-In-Häufigkeit von konkurrierenden Komplementäranwendungen auch für diesen Anwendungsfall mithilfe des Modells simulativ analysiert werden.

dass einige Agenten durch genau eine Verbindung mit dem Rest des Netzwerks verbunden sind und somit durch die Entscheidung ihres einzigen Nachbarn (und damit 100% der Nachbarn) „umgestimmt“ werden können. Diese Konstellation ist bei den untersuchten sozialen Netzwerken aufgrund ihrer Topologie [26] (stark vermaschte Cliquen sowie lose angebundene Agenten) und ihres – im Vergleich zu den untersuchten Zufallsnetzen – geringen durchschnittlichen Vermaschungsgrades (0,1% für SN A und 0,9% für SN B) häufiger vorzufinden.

In Bezug auf die Netzwerkstruktur werden die Unterschiede sowohl zwischen Zufallsnetzwerken unterschiedlichen Vermaschungsgrads (vgl. Bild 4) als auch im Vergleich verschiedener Topologien mit ähnlichem Vermaschungsgrad deutlich – die Lock-In-Häufigkeit in einem Zufallsnetzwerk mit 1% Vermaschung unterscheidet sich bspw. deutlich von der in SN B (0,9% Vermaschungsgrad). Als Schlussfolgerung kann also festgehalten werden, dass sowohl die Netzwerktopologie als auch die Netzeffektstärke einen starken Einfluss auf die Lock-In-Häufigkeit auf Netzeffektmärkten ausüben.

## 5 Fazit und weitere Forschung

Auf Basis der Simulationsexperimente wird ein Einfluss von Netzwerktopologie und Netzeffektstärke auf die Lock-In-Häufigkeit in Netzwerken gezeigt. Zwischen Zufallsnetzwerken und den untersuchten sozialen Netzwerken besteht ein deutlicher Unterschied. Auch die beiden untersuchten sozialen Topologien weisen (untereinander) strukturelle Differenzen auf.

Die gezeigten Resultate tragen zu einem besseren Verständnis der Adoptionsprozesse konkurrierender Technologien für Forscher, Praktiker und politische Entscheidungsträger bei. Mit der Netzwerktopologie konnte ein Einflussfaktor aufgezeigt werden, der in vielen bisherigen Modellen keine Berücksichtigung findet und in Zukunft einbezogen werden sollte. In der Praxis profitieren Anbieter auf Netzeffektmärkten von den Erkenntnissen, indem sie ihre Strategie (z. B. die Schaffung eines Lock-Ins in einem bereits bedienten Markt oder den Neueintritt in einen Netzeffektmarkt) in Abhängigkeit des zugrunde liegenden Netzwerks anpassen können. Weiterhin sollte dieser Einfluss der Topologie in der Diskussion über die Notwendigkeit der Regulierung von Netzeffektmärkten (vgl. [43]) aufgrund der Gefahr eines Lock-Ins in eine inferiore Technologie berücksichtigt werden, da die Ergebnisse u. a. zeigen, dass es auch bei starken Netzeffekten nicht zwingendermaßen zu hohen Anzahlen „persönlicher Lock-Ins“ kommen muss (vgl. Bild 5). Neben den Erkenntnissen in Bezug auf die Forschungsfrage ist im Rahmen der Simulationsstudie ein modularer, erweiterbarer Simulationsprototyp entwickelt worden, der in Zukunft für weiterführende Analysen verwendet werden kann. Dazu zählt bspw. die Einführung weiterer Agententypen mit komplexerer Präferenzstruktur.

Bisher sind die vorgestellten Ergebnisse auf die ausgewählten Topologien und die betrachtete Netzwerkgröße beschränkt. Gleichzeitig zeigt dieser Beitrag allerdings, dass es notwendig ist, weitere (insbesondere reale) Netzwerktopologien – und damit unterschiedliche Netzeffektmärkte – auf die Gefahr eines Lock-Ins zu untersuchen. Diese Topologien umfassen insbesondere „small-world“ [40] sowie „skalenfreie“ Netzwerke (wie bspw. das Internet [25]). In einem nächsten Schritt gilt es also zunächst Realdaten verschiedener praxisrelevanter Topologien zu sammeln, um die darauf basierenden Märkte analysieren zu können.

## 6 Literatur

- [1] Águila-Obra, ARd; Padilla-Meléndez, A; Serarols-Tarrés, C (2007): Value creation and new intermediaries on Internet. An exploratory analysis of the online news industry and the web content aggregators. *International Journal of Information Management* 27(3):187-199.
- [2] AIS (2011): MIS Journal Rankings. <http://ais.affiniscape.com/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=432>. Abgerufen am 16.09.2011.
- [3] Albert, R; Barabási, A-L (2002): Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics* 74(1):47-97.
- [4] Arthur, WB (1989): Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. *The Economic Journal* 99(394):116-131.
- [5] Arthur, WB (1996): Increasing Returns and the New World of Business. *Harvard Business Review* 74(4):100-109.
- [6] Becker, A; Buxmann, P; Widjaja, T (2009): Value potential and challenges of service-oriented architectures - A user and vendor perspective. In: ECIS 2009, Verona, Italy.
- [7] Besen, SM; Farrell, J (1994): Choosing How to Compete: Strategies and Tactics in Standardization. *The Journal of Economic Perspectives* 8(2):117-131.
- [8] Boyd, DM; Ellison, NB (2007): Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication* 13(1):210-230.
- [9] Buxmann, P (2002): Strategien von Standardsoftware-Anbietern: Eine Analyse auf der Basis von Netzeffekten. *ZfbF* 54(8):442-459.
- [10] Buxmann, P; Wustner, E; Kunze, S (2005): Will XML/EDI replace traditional EDI? An economic and empirical analysis. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 47(6):413-421.
- [11] Chen, P-Y; Hitt, LM (2002): Measuring Switching Costs and the Determinants of Customer Retention in Internet-Enabled Businesses: A Study of the Online Brokerage Industry. *Information Systems Research* 13(3):255-274.
- [12] Choi, H; Kim, S-H; Lee, J (2010): Role of network structure and network effects in diffusion of innovations. *Industrial Marketing Management* 39(1):170-177.
- [13] Chung, CC; Beamish, PW (2010): The Trap of Continual Ownership Change in International Equity Joint Ventures. *Organization Science* 21(5):995-1015.
- [14] Clemons, EK; Gu, B; Lang, KR (2002): Newly Vulnerable Markets in an Age of Pure Information Products: An Analysis of Online Music and Online News. *Journal of Management Information Systems* 19(3):17-41.
- [15] Etzkowitz, H; Leydesdorff, L (2000): The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy* 29(2):109-123.
- [16] Farrell, J; Saloner, G (1986): Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncements, and Predation. *The American Economic Review* 76(5):940-955.
- [17] Fitzpatrick, BW; Lueck, J (2010): The Case against Data Lock-in. *communications of the acm* 53(11):42-46.

- [18] Gefpert, AH (1968): Business logistics for better profit performance. *Harvard Business Review* 46(6):75-84.
- [19] Grover, V; Ramanlal, P (1999): Six Myths of Information and Markets: Information Technology Networks, Electronic Commerce, and the Battle for Consumer Surplus. *MIS Quarterly* 23(4):465-495.
- [20] Harrison, MJ; Datta, P (2007): An Empirical Assessment of User Perceptions of Feature versus Application Level Usage. *Communications of the Association for Information Systems* 20:300-321.
- [21] Hwang, W; Oh, J (2009): Adoption of new online services in the presence of network externalities and complementarities. *Electronic Commerce Research and Applications* 8(1):3-15.
- [22] Katz, ML; Shapiro, C (1985): Network Externalities, Competition, and Compatibility. *The American Economic Review* 75(3):424-440.
- [23] Kauffman, RJ; Lally, L (1994): A Value Platform Analysis Perspective on Customer Access Information Technology. *Decision Sciences* 25(5/6):767-794.
- [24] Klemperer, P (1995): Competition when Consumers have Switching Costs: An Overview with Applications to Industrial Organization, Macroeconomics, and International Trade. *The Review of Economic Studies* 62(4):515-539.
- [25] Krioukov, D; Claffy, KC; Fomenkov, M; Chung, F; Vespignani, A; Willinger, W (2007): The Workshop on Internet Topology (WIT) Report. *SIGCOMM CCR* 37(1):69-73.
- [26] Kumar, R; Novak, J; Tomkins, A (2010): Structure and Evolution of Online Social Networks. In: Yu, PSS; Han, J; Faloutsos, C (Hrsg.) *Link Mining: Models, Algorithms, and Applications*. Springer New York, pp 337-357.
- [27] Leydesdorff, L (2000): The triple helix: an evolutionary model of innovations. *Research Policy* 29(2):243-255.
- [28] Leydesdorff, L; Besselaar, PVd (2010): *Competing Technologies: Disturbance, Selection, and the Possibilities of Lock-In*. University of Amsterdam, The Netherlands.
- [29] Liebowitz, SJ; Margolis, SE (1995): Path Dependence, Lock-in, and History. *Journal of Law, Economics & Organization* 11(1):205-226.
- [30] Lin, L; Hu, PJ-H; Sheng, ORL; Lee, J (2010): Is stickiness profitable for electronic retailers? *communications of the acm* 53(3):132-136.
- [31] McCardle, K; Rajaram, K; Tang, CS (2004): Advance Booking Discount Programs Under Retail Competition. *MANAGEMENT SCIENCE* 50(5):701-708.
- [32] Murray, KB; Häubl, G (2007): Explaining Cognitive Lock-In: The Role of Skill-Based Habits of Use in Consumer Choice. *Journal of Consumer Research* 34(1):77-88.
- [33] Nunes, JC; Dréze, X (2006): Your Loyalty Program Is Betraying You. *Harvard Business Review* 84(4):124-131.
- [34] Onnela, J-P; Saramäki, J; Hyvönen, J; Szabó, G; Argollo de Menezes, M; Kaski, K; Barabási, A-L; Kertész, J (2007): Analysis of a large-scale weighted network of one-to-one human communication. *New Journal of Physics* 9(6):179.

- [35] Onnela, J-P; Saramäki, J; Hyvönen, J; Szabó, G; Lazer, D; Kaski, K; Kertész, J; Barabási, A-L (2007): Structure and Tie Strengths in Mobile Communication Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(18):7332-7336.
- [36] Parker, GG; Van Alstyne, MW (2005): Two-Sided Network Effects: A Theory of Information Product Design. *MANAGEMENT SCIENCE* 51(10):1494-1504.
- [37] Rangan, S; Adner, R (2001): Profits and the Internet: Seven Misconceptions. *MIT Sloan Management Review* 42(4):44-53.
- [38] Reinartz, W; Ulaga, W (2008): How to Sell Services More Profitably. *Harvard Business Review* 86(5):90-96.
- [39] Su, BC (2008): Characteristics of consumer search on-line: How much do we search? *International Journal of Electronic Commerce* 13(1):109-129.
- [40] Watts, DJ; Strogatz, SH (1998): Collective dynamics of "small-world" networks. *Nature* 393(6684):440-442.
- [41] Weitzel, T; König, W (2003): Computational economics and the formulation of an interdisciplinary network theory. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 45(5):497-502.
- [42] Widjaja, T (2010): *Standardisierungsentscheidungen in mehrschichtigen Systemen*. Gabler, Wiesbaden.
- [43] Wiedemer, V (2007): *Standardisierung und Koexistenz in Netzeffektmärkten*. In: Engelmann, FC; Erlei, M; Schwalbe, U; Woeckener, B (Hrsg.) *Industrieökonomik*. Lohmar, Köln
- [44] Wiese, H (1990): *Netzeffekte und Kompatibilität*. Poeschel, Stuttgart.
- [45] WKWI (2008): *WI-Journalliste 2008*. [http://www.wim.uni-koeln.de/uploads/media/Orientierungslisten\\_WKWI\\_GIFB5\\_ds41.pdf](http://www.wim.uni-koeln.de/uploads/media/Orientierungslisten_WKWI_GIFB5_ds41.pdf). Abgerufen am 16.09.2011.
- [46] Zauberman, G (2003): The Intertemporal Dynamics of Consumer Lock-In. *Journal of Consumer Research* 30(3):405-419.
- [47] Zhou, ZP; Zhu, K (2006): Platform Battle with Lock-in. In: *ICIS 2006*, Milwaukee, Wisconsin, USA.